

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-305472

(P2001-305472A)

(43) 公開日 平成13年10月31日 (2001.10.31)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	サーチコード* (参考)
G 0 2 B 26/10	1 0 4	G 0 2 B 26/10	1 0 4 Z 2 C 3 6 2
B 4 1 J 2/44		26/08	E 2 H 0 4 1
G 0 2 B 26/08		B 4 1 J 3/00	D 2 H 0 4 6

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2000-123100 (P2000-123100)

(22) 出願日 平成12年4月24日 (2000.4.24)

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 浅岡 延好

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

Fターム(参考) 2C362 BA17 BA18

2H041 AA11 AB12 ACD4 AC08 AZ06

2H045 AB10 AB16 AB34 AB44 AB54

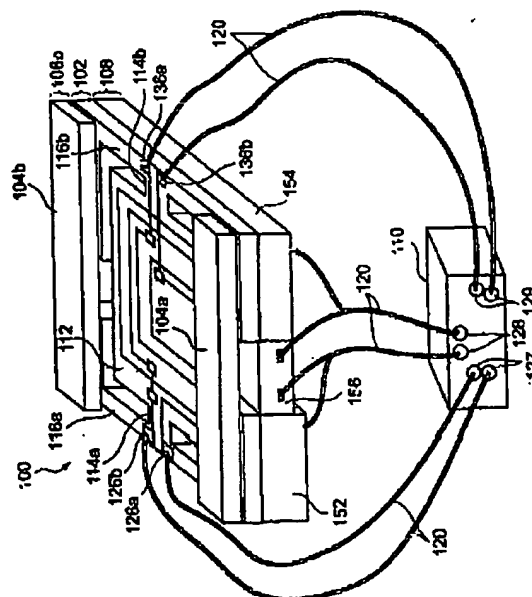
AB73 AB81 BA02

(54) 【発明の名称】 光偏向器

(57) 【要約】

【課題】可動板を所望の振れ角と周波数で駆動し得る光偏向器を提供する。

【解決手段】光偏向器100は、光偏向ミラー部102と一対の永久磁石104a、104bから成る振動ユニット部106と、光偏向ミラー部102の特性を調整するための特性調整機構108とを有している。光偏向ミラー部102は、可動板112と、これを揺動可能に支持する一対の弾性部材114a、114bと、これらを支持する一対の支持体116a、116bとを有している。可動板112は、光ビームを反射するためのミラー142と、その内部を周回する駆動コイル122を有している。特性調整機構108は、一対の支持体116a、116bを保持する一対の固定用部材152、154と、これら固定用部材152、154の間隔を変更するための間隔調整手段、例えば一対の固定用部材152、154を連結する一対の圧電素子156とを含んでいる。



(2) 001-305472 (P2001-305472A)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ビームを偏向するための光偏向器であって、

光偏向ミラー部と一対の永久磁石から成る振動ユニット部と、

光偏向ミラー部の特性を調整するための特性調整機構とを備えており、

光偏向ミラー部は、可動板と、可動板を揺動可能に支持する一対の弾性部材と、一対の弾性部材を支持する支持体とを有しており、

特性調整機構は、支持体を保持する一対の固定用部材と、一対の固定用部材の間隔を変更するための間隔調整手段とを有している、光偏向器。

【請求項2】 少なくとも可動板、弾性部材、支持体及び間隔調整手段が、モノリシックに一体形成されている、請求項1に記載の光偏向器。

【請求項3】 光ビームを偏向するための光偏向器であって、  
光偏向ミラー部と一対の永久磁石から成る振動ユニット部と、  
光偏向ミラー部の特性を調整するための特性調整機構とを備えており、

光偏向ミラー部は、可動板と、可動板を揺動可能に支持する一対の弾性部材と、一対の弾性部材を支持する支持体とを有しており、支持体は一対の支持体であって、間隔調整手段が、一対の支持体にそれぞれ設けられた楔形アクチュエータと、一対の支持体の一方に連結された伸縮ばねとを含んでいる、請求項1に記載の光偏向器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光偏向器に関する。

【0002】

【従来の技術】 光偏向器は、例えばレーザー光を偏向する用途などに利用されるものである。その駆動原理はいくつかあり、例えばクーロン力を利用する静電型のアクチュエータや、磁界中に配置した駆動コイルに電流を流すと、電流と磁界との相互作用でフレミングの左手の法則に基づく力が駆動コイルに発生することを利用する電磁駆動型のアクチュエータ、また、素材に電圧を印加すると素材の長さが増減する圧電素材を利用した圧電駆動型のアクチュエータなどがある。

【0003】 特開平7-175005号は電磁駆動型のアクチュエータを開示している。このアクチュエータは、シリコン基板上に加工して作製された、平板状の可動板と、これを揺動可能に支持する一対のトーションバーと、トーションバーを支持する棒状の支持体とを備えている。可動板の上面の周縁部には通電により磁界を発生させるための平面コイルが設けられ、平面コイルで囲まれる上面中央部には全反射ミラーが設けられている。支

持体には、平面コイルによって発生される磁界と相互作用させるための永久磁石が設けられている。

【0004】 平面コイルの両端は、トーションバーの上を延びるコイル配線を介して、支持体に設けられた電極端子と電気的に接続されている。平面コイルとコイル配線と電極端子は、シリコン基板上に電鍍法により同時形成される。この電磁アクチュエータは、従来のものに比べて、極めて薄型化・小型化することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 一般に光偏向器の作製にあたっては、作製時の加工の誤差によって弾性部材の形状が所望の設計形状と異なることがある。弾性部材の形状は弾性部材の定数を決定する重要な要素であるため、このように設計形状からはずれた形状の弾性部材を持つ光偏向器は、所望の振れ角と周波数で可動板を駆動することができない。

【0006】 また、弾性部材の形状が作製時において所望の形状であっても、温度や湿度などの使用環境の変化によって弾性部材の特性(横弾性係数等)が変化することもある。この場合も、光偏向器は、可動板は所望の振れ角と周波数で駆動されなくなる。

【0007】 本発明の目的は、可動板を常に所望の振れ角と周波数で駆動することのできる光偏向器を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の光偏向器は、光偏向ミラー部と一対の永久磁石から成る振動ユニット部と、光偏向ミラー部の特性を調整するための特性調整機構とを備えており、光偏向ミラー部は、可動板と、可動板を揺動可能に支持する一対の弾性部材と、一対の弾性部材を支持する支持体とを有しており、特性調整機構は、支持体を保持する一対の固定用部材と、一対の固定用部材の間隔を変更するための間隔調整手段とを有している。可動板は、光ビームを偏向させるために必要な様々な光学要素、例えば、ミラーやプリズムや回折格子や光源を保持する。間隔調整手段は、一例においては、一対の固定用部材を連結する一対の圧電素子を含んでいる。あるいは、別の一例においては、支持体は一対の支持体であって、間隔調整手段は、一対の支持体にそれぞれ設けられた一対の楔形アクチュエータと、一対の支持体の一方に連結された伸縮ばねとを含んでいる。

【0009】

【発明の実施の形態】 以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。

【0010】 図1に示されるように、光偏向器100は、光偏向ミラー部102と一対の永久磁石104a、104bから成る振動ユニット部106と、光偏向ミラー部102の特性を調整するための特性調整機構108と、振動ユニット部106と特性調整機構108を駆動制御する駆動制御回路110とを有している。

(3) 001-305472 (P2001-305472A)

【0011】光偏向ミラー部102は、図2(A)に示されるように、可動板112と、可動板112の両側から対称的に延びる一対の弾性部材114a、114bと、弾性部材114a、114bを支持する一対の支持体116a、116bとを有している。一対の弾性部材114a、114bはトーションバーの機能を有し、可動板112を揺動可能に支持する。可動板112は、光ビームを反射するためのミラー142(図2(B)参照)を備えており、このミラー142で反射された光ビームは可動板112の揺動に従って走査される。

【0012】可動板112は、その内部を周回する駆動コイル122を有している。図示される駆動コイル122は二回周回しているが、その数はこれに限らず、その他の周回数であってもよい。駆動コイル122の一端は、弾性部材114aの中を延びる配線124aに直接接続されており、駆動コイル122の他端は、駆動コイル122の上を横切って延びるジャンプ線128を介して、弾性部材114aの中を延びる配線124bに接続されている。配線124aと配線124bはそれぞれ支持体116aに位置する駆動電極126aと駆動電極126bに接続されている。

【0013】可動板112は、さらに、駆動コイル122の内側を周回する検出コイル132を有している。図示される検出コイル132は二回周回しているが、その数はこれに限らず、その他の周回数であってもよい。検出コイル132の一端は、駆動コイル122の上を横切って延びるジャンプ線138を介して、弾性部材114bの中を延びる配線134aに接続されており、検出コイル132の他端は、検出コイル132と駆動コイル122の上を横切って延びるジャンプ線140を介して、弾性部材114bの中を延びる配線134bに接続されている。配線134aと配線134bはそれぞれ支持体116bに位置する検出電極136aと検出電極136bに接続されている。

【0014】図1に示されるように、駆動電極126a、126bは、配線を介して、駆動制御回路110の駆動電流出力端子に電気的に接続されている。検出電極136a、136bは、配線を介して、駆動制御回路110の検出信号入力端子129に電気的に接続されている。また、一対の永久磁石104a、104bは、図示しない支持機構によって、可動板112の両側に間隔を置いて支持されている。永久磁石104a、104bは、弾性部材114a、114bを通る軸に平行に延びている。

【0015】駆動制御回路110は、例えば、正弦波や矩形波や鋸波などの周期的に変化する交流の駆動電流を駆動電極126a、126bを介して駆動コイル122に供給する。好適には、駆動制御回路110は、駆動コイル122と配線124a、124bなどに流せる電流の最大値を超える電流が流れないように、供給する電流

を制限する機能を有している。

【0016】駆動コイル122を流れる交流の駆動電流と、永久磁石104a、104bが作り出す磁場との相互作用によって、駆動コイル122は一対の弾性部材114a、114bを通る軸の周りに偶力を受ける。この偶力は、駆動コイル122を流れる交流の駆動電流に従って、大きさと方向が周期的に変化するため、可動板112は、一対の弾性部材114a、114bを通る軸の周りに揺動する。その結果、可動板112のミラー142で反射された光ビームは、可動板112の揺動に従って偏向、走査される。

【0017】可動板112の揺動に伴い、検出コイル132も永久磁石104a、104bが作り出す磁場の中を揺動する。その結果、可動板112の速度に比例する誘導起電力Vが検出コイル132の両端に発生する。駆動制御回路110は、検出コイル132の両端に発生する誘導起電力Vに基づいて可動板112の揺動角を検知する。

【0018】上述した光偏向ミラー部102は、すなわち、可動板112と一対の弾性部材114a、114bと一対の支持体116a、116bとから成る構造体は、公知の半導体製造技術によってモノリシックに作製される。このため、各部品は非常に高い位置精度を有する。また、実装工程の削減にとっても好ましい。

【0019】光偏向ミラー部102は、図2(B)と図2(C)に示されるように、シリコン基板302と、シリコン基板302に形成された第一の絶縁膜304と、絶縁膜304の上に選択的に形成された第一の導体膜312と、導体膜312をその一部を除いて覆う第二の絶縁膜306と、絶縁膜306の上に選択的に形成された第二の導体膜314と、導体膜314を覆う第三の絶縁膜308とを有する積層構造体で構成される。導体膜312、314は例えばアルミ膜から成り、絶縁膜304、306、308は例えば酸化シリコン膜や窒化シリコン膜やポリイミド膜から成る。

【0020】第一の導体膜312は、駆動コイル122、配線124a、124b、駆動電極126a、126b、検出コイル132、配線134a、配線134b、検出電極136a、136bを構成している。また、第二の導体膜314は、ジャンプ線128、ジャンプ線138、ジャンプ線140を構成している。第一の絶縁膜304は第一の導体膜312とシリコン基板302を電気的に絶縁し、絶縁膜306は第一の導体膜312と第二の導体膜314を電気的に絶縁し、第三の絶縁膜308は第二の導体膜314を大気から保護している。

【0021】可動板112に含まれるシリコン基板302の露出面は研磨されており、これ自体がミラー142として機能する。つまり、ミラー142は、シリコン基板302の研磨された面で構成されている。ミラー14

(4) 001-305472 (P2001-305472A)

2は、例えば波長650nm程度の半導体レーザ等の光線をより効率良く反射する必要がある場合は、シリコンよりも反射率の高いアルミ等を例えばスパッタや蒸着で成膜して形成されてもよい。光偏向ミラー部102の主材料はシリコン基板302である。可動板112は振動中に反射面が変形しないことが望まれるが、シリコン基板302はこのような要求に好適である。

【0022】以下、光偏向ミラー部102の製造工程について図5と図6を用いて説明する。なお、図5と図6に示される各工程の断面は、図2(A)における2B-2B線に沿って破断された断面である。

【0023】工程1(図5(A))：シリコンウエハを用意する。シリコンウエハは、100ミクロン～500ミクロン程度の厚さを有し、その両面は共に研磨加工され鏡面仕上げされている。一枚のシリコンウエハには、生産性向上のため、好ましくは、その大きさに形成できる最大数の光偏向ミラー部が作製される。図5と図6には、一つの光偏向ミラー部の製造工程が示されており、シリコンウエハはその一つ分であるシリコン基板302として図示されている。

【0024】工程2(図5(B))：シリコンウエハ302の表裏面共に酸化シリコン膜を例えば酸化炉で成膜して、シリコンウエハ302の表面に第一の絶縁膜304を、裏面に酸化シリコン膜322を形成する。

【0025】工程3(図5(C))：フォトリソグラフィ技術により、酸化シリコン膜322を選択的にエッチングする。つまり、可動板112になる部分と弾性部材114a、114bになる部分と支持体116a、116bになる部分を除いて、酸化シリコン膜322をエッチングする。

【0026】工程4(図5(D))：この構造体の表面に例えばスパッタリング技術によりアルミニウムを成膜し、その後フォトリソグラフィ技術によりアルミニウムをパターニングして、駆動コイル122と配線124a、124bと駆動電極126a、126bと検出コイル132と配線134a、配線134bと検出電極136a、136bを含む第一の導体膜312を形成する。

【0027】工程5(図5(E))：この構造体の表面に例えばプラズマCVD(Chemical Vapor Deposition)装置やスパッタリング装置などでシリコン酸化膜やシリコン窒化膜を成膜した後に、フォトリソグラフィ技術によりパターニングして、第二の絶縁膜306を形成する。

【0028】工程6(図6(A))：この構造体の表面に例えばスパッタリング装置でアルミニウムを成膜し、その後フォトリソグラフィ技術によりアルミニウムをパターニングして、ジャンプ線128とジャンプ線138とジャンプ線140を含む第二の導体膜314を形成する。

【0029】工程7(図6(B))：この構造体の表面に例えばプラズマCVD装置やスパッタリング装置などでシリコン酸化膜やシリコン窒化膜を成膜した後に、フォ

トリソグラフィ技術によりパターニングして、第三の絶縁膜308を形成する。

【0030】工程8(図6(C))：例えばシリコンエッチング用のRIE(Reactive Ion Etching)装置でシリコンウエハ裏面の酸化シリコン膜322をマスクとしてシリコンをエッチングする。続いて、酸化シリコン膜322と、露出している部分の第一の絶縁膜304、すなわち、可動板112と弾性部材114a、114bと支持体116a、116bに含まれない部分の第一の絶縁膜304とを、酸化シリコン膜エッチング用のRIEによりシリコンウエハ裏面からエッチングする。その結果、可動板112が一对の弾性部材114a、114bを介して一对の支持体116a、116bに支持されている光偏向ミラー部102が形成される。

【0031】本実施の形態では、弾性部材114a、114bの主材料はシリコンであるが、これに限定されるものではなく、例えばガラス、ガリウム-砒素系の半導体、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、ポリイミド膜などの有機材料などであってもよい。

【0032】図1と図3と図4に示されるように、特性調整機構108は、支持体116aを保持する第一の固定用部材152と、支持体116bを保持する第二の固定用部材154と、これらの固定用部材152、154の間隔を変更するための間隔調整手段とを有している。間隔調整手段は、例えば、第一の固定用部材152と第二の固定用部材154を連結する一对の圧電素子156、158を含んでいる。

【0033】支持体116aと支持体116bは、例えば接着によってそれぞれ第一の固定用部材152と第二の固定用部材154に固定されている。第一の固定用部材152はねじ止めや接着により不動部材160に固定されている。不動部材160は、例えば、振動ユニット部106を収容し保持するケースである。第二の固定用部材154は一对の圧電素子156、158を介して第一の固定用部材152に支持されており、不動部材160に対して非接触に保たれる。

【0034】第一の固定用部材152は、図4(B)と図4(C)に示されるように、第二の固定用部材154よりも大きい高さを有しており、その底面が不動部材160に固定されているが、これに限定されない。図4(D)と図4(E)に示されるように、第一の固定用部材152は、第二の固定用部材154と同じ高さを有し、その側面が不動部材160に固定されていてもよい。また、第一の固定用部材152は、振動ユニット部106を収容するケースと一体に形成されてもよい。

【0035】圧電素子156、158はそれぞれ一对の駆動電極を備えており、これらの駆動電極は、図1に示されるように、配線120を介して駆動制御回路110の間隔信号出力端子に電気的に接続されている。駆動制御回路110は間隔信号出力端子128から圧電素子1

:(5) 001-305472 (P2001-305472A)

56, 158を伸縮させるための電圧信号を出力する。圧電素子156, 158は供給される電圧信号に応じて矢印G(図4(A)参照)の方向に伸縮し、その結果、第一の固定用部材152と第二の固定用部材154の間隔が変更される。この間隔の変更は、弾性部材114a, 114bにかかる応力を変更し、弾性部材114a, 114bのばね定数を変える。すなわち、光偏向ミラー部102の特性を変える。

【0036】間隔調整手段は、圧電素子に限定されるものではなく、他の素子や機構等が用いられてもよい。間隔調整手段は例えば静電駆動型や電磁駆動型のアクチュエータ等であってもよい。圧電素子や静電駆動型のアクチュエータを用いれば、共に磁場を作り出さないで、駆動コイル122や検出コイル132に悪影響を与えず、従って、可動板112の好適な駆動を妨げたり、検出コイル132からの信号に雑音を増やしたりすることがない。

【0037】さらに、駆動制御回路110は、可動板112が常に共振状態で駆動するように、すなわち、可動板112が常に所望の駆動をするように、圧電素子15

$$\theta(t) = A \sin(w_0 t + a) + (w_0^2 - w^2)^{-1} \times B \sin w t \quad (2)$$

となる。なお、 $\theta$ はVに比例する。但し、 $w_0$ は可動板112の質量と弾性部材114a, 114bのばね定数から決まる可動板112の固有振動数(可動板が自由振動する時の振動数)、Aとaは初期条件によって決まる定数、BはX並びに可動板112の慣性モーメントにより決定する値である。

【0040】 $w$ が $w_0$ よりも小さいとき、(2)式の第二項は駆動電流Iと同じ位相になっている。しかし、 $w$ が $w_0$ よりも大きいとき、第二項の符号は逆になる。これは駆動電流Iの位相と可動板112の振れの位相Vが $\pi$ ずれることを意味する。従って、駆動電流の位相と可動板の振れの位相との差が0よりも大きく $\pi$ よりも小さい範囲にすれば、可動板112は共振し所望の駆動を行う。さらに好ましくは、駆動電流の位相と可動板の振れの位相との差を $\pi/2$ にほぼ等しくすれば、可動板112はさらに安定した共振状態になる。

【0041】これにより、使用環境の温度変化などに起因する弾性部材114a, 114bの形状や横弾性係数の変化により可動板112の固有振動数が変化して可動板112が所望の駆動をしなくなることが防止され、可動板112は常に所望の駆動をする。

【0042】ここでは、正弦波の電流波形を例にあげたが、駆動電流は、正弦波で表される波形に限らず、例えば鋸波や矩形波などの周期関数で表される波形を有していてもよい。

【0043】また、可動板112は、駆動コイル122に流れる電流と永久磁石104a, 104bが作り出す磁場との相互作用により駆動されているが、可動板112の駆動原理はこれに限定されるものではない。可動板

6, 158に供給する電圧信号を制御する。前述したように、駆動制御回路110は、駆動コイル122に交流の駆動電流Iを供給するとともに、検出コイル132の両端に発生する誘導起電力Vを検知する。駆動制御回路110は、誘導起電力Vと駆動電流Iとの位相差が0より大きく $\pi$ より小さい値、望ましくは $\pi/2$ に略等しい値になるように、圧電素子156, 158の長さを制御する。

【0038】つまり、駆動電流Iの周波数を所望の駆動周波数に固定し、さらに駆動電流Iの位相と可動板112の揺動運動の位相(すなわち誘導起電力Vの位相)との差が常に0より大きく $\pi$ よりも小さい値、好ましくは $\pi/2$ にほぼ等しい値になるように、弾性部材114a, 114bのばね定数を制御する。

【0039】時刻tにおける駆動電流を例えば正弦波、 $I(t) = X \sin(wt)$  (1)とする。このとき、可動板112の駆動に寄与するトルクはI(t)に比例する。一般に可動板112の振れ角 $\theta(t)$ は、

112は、例えば静電力により駆動されてもよい。この場合も、可動板112の振れと駆動電源の電圧の位相差が、0より大きく $\pi$ より小さい範囲に、望ましくは $\pi/2$ の近傍にあれば、可動板112は共振して所望の駆動をする。

【0044】駆動制御回路110は、さらに好ましくは、誘導起電力Vに基づいて、可動板112の振れ振幅が所望の振幅となるように、駆動電流Iの振幅を調整する機能を有している。弾性部材114a, 114bのばね定数を調整する際、共振時における可動板112の振れ振幅を決める弾性部材のパラメータが、ばね定数とは独立に変化することがある。この場合、同じ周期の共振状態で可動板112が振れていても、振れ振幅が違ってくる。駆動制御回路110は、その振れの振幅の違いを補正するように、すなわち可動板112の振れ振幅が所望の振れ振幅となるように、可動板112を駆動させる電源の出力を調整する。

【0045】上述した実施の形態の光偏向器は様々な変形が可能である。以下、図面を参照しながら、いくつかの変形例について説明する。図中、上述した部材と同一の参照符号で示される部材は、同等の部材であり、その詳しい説明は省略する。

【0046】[第一変形例]本変形例では、図7に示されるように、特性調整機構108は、支持体116aを保持する第一の固定用部材152と、支持体116bを保持する第二の固定用部材154と、これらの固定用部材152, 154の間隔を変更するための間隔調整手段とを有し、間隔調整手段は、第一の固定用部材152と第二の固定用部材154を連結する一箇の圧電素子156

(6) 001-305472 (P2001-305472A)

を含んでいる。

【0047】つまり、本変形例の特性調整機構108は、第一実施形態の特性調整機構108から圧電素子158が省かれた構成となっている。このような本変形例の構成は、弾性部材114a、114bのばね定数の変化が小さい場合に適している。

【0048】第一の固定用部材152と第二の固定用部材154の間隔は、駆動制御回路110により圧電素子156を矢印Gの方向に伸縮させることにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部102の弾性部材114a、114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを較正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0049】[第二変形例]本変形例では、図8に示されるように、特性調整機構108は、支持体116aを保持する第一の固定用部材152と、支持体116bを保持する第二の固定用部材154と、これらの固定用部材152、154の間隔を変更するための間隔調整手段とを有し、間隔調整手段は、第一の固定用部材152に形成された貫通穴166、168を通り、第二の固定用部材154に形成されたねじ穴170、172に螺合する一対の調節ねじ162、164を含んでいる。

【0050】第一の固定用部材152と第二の固定用部材154の間隔は、一対の調節ねじ162、164を適宜回転させることにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部102の弾性部材114a、114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを較正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0051】また、間隔調整手段は、調節ねじ162、164を回転させるアクチュエータ、例えば電磁型ステッピングモータ、静電型モータなどを更に含み、このアクチュエータが、可動板112が所望の駆動をするように、駆動制御回路110により制御されてもよい。

【0052】[第三変形例]本変形例では、図9に示されるように、特性調整機構108は、支持体116aを保持する第一の固定用部材152と、支持体116bを保持する第二の固定用部材154と、これらの固定用部材152、154の間隔を変更するための間隔調整手段とを有し、間隔調整手段は、第一の固定用部材152に形成された貫通穴166を通り、第二の固定用部材154に形成されたねじ穴170に螺合する一本の調節ねじ162を含んでいる。

【0053】つまり、本変形例の特性調整機構108は、第二変形例の特性調整機構108から調節ねじ164が省かれた構成となっている。このような本変形例の構成は、弾性部材114a、114bのばね定数の変化

が小さい場合に適している。

【0054】第一の固定用部材152と第二の固定用部材154の間隔は、調節ねじ162を適宜回転させることにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部102の弾性部材114a、114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを較正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0055】また、間隔調整手段は、調節ねじ162を回転させるアクチュエータを更に含み、このアクチュエータが駆動制御回路110により可動板112が所望の駆動をするように制御されてもよい。

【0056】[第四変形例]本変形例では、図10(A)と図10(B)に示されるように、光偏向ミラー部102の支持体116a、116bは、共に細長の矩形形状をしており、可動板112の側方に延出してない。特性調整機構108は、支持体116aを保持する第一の固定用部材174と、支持体116bを保持する第二の固定用部材176とを有し、第一の固定用部材174は不動部材180に固定され、第二の固定用部材176は圧電素子178を介して不動部材182に固定されている。特性調整機構108は、さらに、第一の固定用部材174と第二の固定用部材176の間隔を変更するための間隔調整手段を有しており、間隔調整手段は、第二の固定用部材176と不動部材182を連結する圧電素子178を含んでいる。

【0057】圧電素子178は駆動制御回路110の間隔信号出力端子128に電気的に接続されており、第一の固定用部材174と第二の固定用部材176の間隔は、駆動制御回路110により圧電素子178を矢印Gの方向に伸縮させることにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部102の弾性部材114a、114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを較正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0058】また、この変形例では、図10(C)に示されるように、永久磁石104a、104bは可動板112と同じ高さに配置されている。このため、本変形例の光偏向器は、永久磁石104a、104bが図10(D)に示されるレイアウトで配置されている前述した実施の形態の光偏向器(図1参照)に比べて、高い駆動効率を有している。

【0059】[第五変形例]本変形例では、図11に示されるように、特性調整機構108は、支持体116aを保持する第一の固定用部材152と、支持体116bを保持する第二の固定用部材154と、これらの固定用部材152、154の間隔を変更するための間隔調整手段とを有し、間隔調整手段は、第一の固定用部材152と

(7) 001-305472 (P2001-305472A)

第二の固定用部材154を連結する一対の圧電素子156、158を含んでいる。

【0060】第一の固定用部材152と第二の固定用部材154の間隔は、駆動制御回路110により圧電素子156、158を矢印Gの方向に伸縮させることにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部102の弾性部材114a、114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを較正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0061】本変形例では、圧電素子156、158に連結されている固定用部材152、154の部分152a、152b、154a、154b、すなわち、固定用部材152、154の光偏向ミラー部102の側方に位置している部分152a、152b、154a、154bは、光偏向ミラー部102から離れている。光偏向ミラー部102とこれらの部分の間に、永久磁石104a、104bが配置されている。従って、永久磁石104a、104bは可動板112と同じ高さに配置されている。このため、本変形例の光偏向器は、前述の実施の形態の光偏向器(図1参照)に比べて、高い駆動効率を有している。

【0062】【第六変形例】本変形例では、図12(A)と図12(B)に示されるように、特性調整機構108は、支持体116aを保持する第一の固定用部材184と、支持体116bを保持する第二の固定用部材186を有し、第一の固定用部材184は不動部材194に固定され、第二の固定用部材186は伸縮ばね192を介して不動部材196に固定されている。

【0063】特性調整機構108は、さらに、これらの固定用部材184、186の間隔を変更するための間隔調整手段を有しており、間隔調整手段は、一対の楔形アクチュエータ188、190と、伸縮ばね192とを含んでいる。楔形アクチュエータ188は、固定用部材184、186にそれぞれ設けられた互いに対向する楔形電極188a、188bを含み、同様に楔形アクチュエータ190は、固定用部材184、186にそれぞれ設けられた互いに対向する楔形電極190a、190bを含んでいる。

【0064】伸縮ばね192は、その軸が、光偏向ミラー部102の弾性部材114a、114bのねじり軸に揃うように設けられている。このようなレイアウトは、弾性部材114a、114bのばね定数の変化を同様にし、不所望な振動モードの発生を抑えるとともに、伸縮ばねの伸縮量と弾性部材114a、114bへの応力のかかり方の再現性を高める。

【0065】第一の固定用部材184と第二の固定用部材186の間隔は、駆動制御回路110により楔形アクチュエータ188、190に電圧を印加し、その電極間

に働く静電力により伸縮ばね192の伸びを制御することにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部102の弾性部材114a、114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを較正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0066】【第七変形例】本変形例では、図13に示されるように、光偏向ミラー部102は、可動板112と、可動板112を揺動可能に支持する一対の弾性部材114a、114bと、弾性部材114a、114bを支持する支持体116とを有し、支持体116は可動板112を取り囲んでいる。つまり、支持体116が二つに分割されていない構成となっている。

【0067】特性調整機構108は、支持体116の一方の側を保持する第一の固定用部材174と、支持体116の他方の側を保持する第二の固定用部材176とを有し、第一の固定用部材174は不動部材に固定され、第二の固定用部材176は圧電素子178を介して不動部材182に固定されている。特性調整機構108は、さらに、第一の固定用部材174と第二の固定用部材176の間隔を変更するための間隔調整手段を有しており、間隔調整手段は、第二の固定用部材176と不動部材182を連結する圧電素子178を含んでいる。つまり、本変形例の特性調整機構108は、第四変形例と同じ構成を有している。

【0068】圧電素子178は駆動制御回路110の間隔信号出力端子128に電気的に接続されており、第一の固定用部材152と第二の固定用部材154の間隔は、駆動制御回路110により圧電素子178を矢印Gの方向に伸縮させることにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部102の弾性部材114a、114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを較正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0069】【第八変形例】本変形例では、光偏向ミラー部と特性調整機構が、モノリシックに一体形成されている。この一体形成された構造体は、図14(A)～図14(C)に示されるように、可動板112と、可動板112を揺動可能に支持する一対の弾性部材114a、114bと、弾性部材114a、114bを支持する一対の支持体116a、116bと、支持体116a、116bの間に設けられた一対の楔形アクチュエータ202、204と、支持体116から延びる伸縮ばね206と、伸縮ばね206の端部が連結する取り付け部208とを有しており、支持体116aは不動部材210に固定され、取り付け部208は不動部材212に固定されている。

【0070】光偏向ミラー部は、可動板112と一対の

(8) 001-305472 (P2001-305472A)

弾性部材114a, 114bと一对の支持体116a, 116bを含んでいる。また、特性調整機構は、一对の支持体116a, 116bの間隔を変更するための間隔調整手段を有しており、これは、一对の楔形アクチュエータ202, 204と伸縮ばね206を含んでいる。

【0071】楔形アクチュエータ202は、一对の支持体116a, 116bの各々に設けられた互いに対向する楔形電極202a, 202bを含み、同様に楔形アクチュエータ204は、一对の支持体116a, 116bの各々に設けられた互いに対向する楔形電極204a, 204bを含んでいる。

【0072】伸縮ばね206は、一对の弾性部材114a, 114bのばね定数の変化を揃えるため、その軸が弾性部材114a, 114bのねじり軸に揃えられている。伸縮ばねの形状は、図示の形状に限定されるものではなく、他の形状、例えば第六変形例と同様に四角柱状の形状であってもよい。

【0073】このようにモノリシックに一体形成された構造体は、前述した半導体製造プロセスにおいて、パターンニング形状を伸縮ばね206と取り付け部208を含む形状に変更するとともに、一連の工程において楔形電極202a, 202b, 204a, 204bを作り込むことで作製される。

【0074】一对の支持体116a, 116bの間隔は、駆動制御回路110により楔形アクチュエータ202, 204に電圧を印加し、その電極間に働く静電力により伸縮ばね206の伸びを制御することにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部の弾性部材114a, 114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを校正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0075】本変形例では、伸縮ばね206が光偏向ミラー部とモノリシックに一体形成されているので、伸縮ばね206は第六変形例に比べて正確に位置決めされている。また、伸縮ばね206の実装の手間がないので、実装の際の不良発生による歩留まり低下がない。

【0076】【第九変形例】本変形例は、第八変形例に類似した構成をしており、光偏向ミラー部と特性調整機構がモノリシックに一体形成されている。この一体形成された構造体は、図15に示されるように、可動板112と、可動板112を揺動可能に支持する一对の弾性部材114a, 114bと、弾性部材114a, 114bを支持する一对の支持体116a, 116bと、支持体116a, 116bの間に設けられた一对の楔形アクチュエータ202, 204と、支持体116aから延びる伸縮ばね206と、伸縮ばね206の端部が連結する取り付け部208とを有している。支持体116aは不動部材210に固定され、取り付け部208は不動部材212

に固定されている。

【0077】光偏向ミラー部は、可動板112と一对の弾性部材114a, 114bと一对の支持体116a, 116bを含んでいる。また、特性調整機構は、一对の支持体116a, 116bの間隔を変更するための間隔調整手段を有しており、これは、一对の楔形アクチュエータ202, 204と伸縮ばね206を含んでいる。伸縮ばね206は、一对の弾性部材114a, 114bのばね定数の変化を揃えるため、その軸が弾性部材114a, 114bのねじり軸に揃えられている。

【0078】一对の支持体116a, 116bの間隔は、駆動制御回路110により楔形アクチュエータ202, 204に電圧を印加し、その電極間に働く静電力により伸縮ばね206の伸びを制御することにより調整される。この調整により、光偏向ミラー部の弾性部材114a, 114bの製造時の形状のばらつきによるばね定数のばらつきを校正できるとともに、環境温度の変化などに起因するばね定数の変動を補正できる。従って、可動板112を常に所望の特性で駆動させることができる。

【0079】本変形例では、光偏向ミラー部と特性調整機構を含む構造体は、図16に示されるように、シリコン基板302と、シリコン基板302に形成された第一の絶縁膜304と、絶縁膜304の上に選択的に形成された第一の導体膜312と、導体膜312をその一部を除いて覆う第二の絶縁膜306と、絶縁膜306の上に選択的に形成された第二の導体膜314と、導体膜314を覆う第三の絶縁膜308とを有している。

【0080】絶縁膜304, 306, 308は共にポリイミド膜から成り、シリコン基板302は、弾性部材114a, 114bに当たる部分と、伸縮ばね206に当たる部分においても除去されている。従って、弾性部材114a, 114bと伸縮ばね206は共にポリイミド膜から成っている。ポリイミドは、シリコンに比べて耐衝撃性の高い物質であり、このため、この構造体すなわち光偏向器は、第八変形例に比べて、耐衝撃性に優れている。

【0081】上述した実施の形態とその変形例では、電流と磁場の相互作用を利用して可動板を駆動する電磁駆動型の光偏向器について述べてきたが、可動板の駆動原理はこれに限定されるものではなく、光偏向器は、例えば静電力を利用して可動板を駆動する静電駆動型などであってもよい。

【0082】また、可動板の位置の検出は、可動板に設けられた検出コイルに可動板の速度に比例して発生する誘導起電力を利用しているが、可動板の位置検出の原理はこれに限定されない。可動板の位置の検出は、例えば、可動板に設けられたホール素子と、磁場との相互作用によって発生するホール電流を利用して行ってもよく、また、可動板のミラーで反射された光ビームの数バ



(9) 001-305472 (P2001-305472A)

ーセントの成分ををビームスプリッタにより取り出し、これをアレイ状に並んだフォトダイオードで検出することなどで行ってもよい。

【0083】これまで、実施の形態とその変形例について図面を参照しながら具体的に説明したが、本発明は、上述した実施の形態と変形例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で行なわれるすべての実施を含む。

【0084】1. (構成)

可動板と、支持体と、前記可動板を前記支持体に対して揺動可能に軸支する2つの弾性部材とを備えた光偏向器において、前記支持体と前記可動板との間隔を変える間隔調整手段をさらに有し、前記支持体と前記可動板との間隔を変化させることにより弾性部材に変形力を与えるよう構成した光偏向器。

【0085】(作用効果)間隔調整手段により可動板と支持体との間隔を変化させるとにより、弾性部材にかかる応力を変化させ、それによって弾性部材のばね定数を任意に変化させることができる。これにより、所望の周波数において、所望の振れ角で可動板を駆動できる。

【0086】2. (構成)

上記支持体は一对の支持体からなり、前記間隔調整手段は一对の支持体の間隔を変えることを特徴とする第1項に記載の光偏向器。

【0087】(作用効果)弾性部材の伸縮が支持体が2個に分割されていない場合に比べて、支持体間の間隔を変化させることが容易であり、広い範囲の共振周波数のずれに対して補正しやすい。

【0088】3. (構成)

上記支持体を保持する一对の固定用部材をさらに有し、上記間隔調整手段は、上記一对の固定用部材の間隔を変更するものであることを特徴とする請求項1記載の光偏向器。

【0089】(作用効果)直接支持体を動かすよりも、支持体を保持する固定用部材を動かす光偏向器のほうが容易に作成できる。

【0090】4. (構成)

少なくとも前記可動板と、前記弾性部材と、前記支持体と、前記間隔調整手段がモノリシックに一体形成されていることを特徴とする第1項ないし第3項のいずれかひとつに記載の光偏向器。

【0091】(作用効果)実装の手間を省くことができる。同時に部品点数削減による実装工程における不良率発生頻度の低減により歩留まりが向上する。

【0092】間隔調整手段の光偏向器の他要素に対する設置位置が正確に決められ、その結果所望の駆動をする光偏向器を得られる。

【0093】5. (構成)

前記間隔調整手段に伸縮ばねが含まれていて、伸縮ばねの材質が有機材料であることを特徴とする第4項に記載

の光偏向器。

【0094】(作用効果)耐衝撃性に優れた光偏向器を提供できる。

【0095】6. (構成)

前記可動板の振れを検出する検出手段と、前記検出手段の出力と前記可動板を駆動させるための電源の出力との位相差に基づいて、前記可動板が共振で駆動するよう前記間隔調整手段を制御する制御手段とをさらに有することを特徴とする第1項ないし第5項のいずれかひとつに記載の光偏向器。

【0096】(作用効果)電源から供給する電流の周期を可動板の所望の駆動周期 $T_c$ に設定する。この時、外界の例えば温度変化、湿度変化などの環境変化によって弾性部材のばね定数が変化した場合を考える。前記可動板の振れの位相と前記電源の位相との位相差から可動板が所望の駆動周期 $T_c$ で共振するように、前記間隔調整手段により支持体の間隔を調整し、弾性部材のばね定数を調整することかできる。その結果可動板を常に所望の周期で所望の振れ角で駆動できる。

【0097】7. (構成)

前記検出手段が、磁場を検出する原理によらないものであることを特徴とする第6項に記載の光偏向器。

【0098】(作用効果)検出手段が磁場を検出する原理によらないものであれば、特性調整機構や可動板を駆動する手段が電磁駆動などの磁界を発生するようのものであっても、検出にあたってその影響を受けないので好ましい。

【0099】8. (構成)

前記可動板に設けた駆動コイルと、前記駆動コイルに磁界を与える磁界発生手段とを備え、前記駆動コイルに電流を流すことにより発生する磁気力を前記可動板を駆動する手段とし、前記間隔調整手段が磁気力を用いていない第1項ないし第7項のいずれかひとつに記載の光偏向器。

【0100】(作用効果)駆動コイルに影響を及ぼさないで、可動板が所望の駆動をする。9. (構成)前記可動板の振れを検出する手段から得られる可動板の振れ振幅が、所望の振れ振幅と一致するように電源の出力を調整する印加振幅制御手段を具備した第5項に記載の光偏向器。

【0101】(作用効果)弾性部材のばね定数の調整を行うと、共振時における可動板の振れの振幅を決める弾性部材のパラメータがばね定数とは独立に変化することがある。この場合、同じ周期の共振状態で可動板が振れている場合でも、振れ振幅が違ってくる。このような場合には、電源の出力を調整して振れ振幅の違いを調整することにより、所望の振れ振幅を得る。

【0102】

【発明の効果】このように、本発明によれば、可動板を所望の振れ角と周波数で駆動することのできる光偏向器

(40) 01-305472 (P2001-305472A)

を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の光偏向器の概略的な構成を示す斜視図である。

【図2】(A)は図1に示される光偏向ミラー部の平面図、(B)は(A)の2B-2B線に沿って破断された断面図、(C)は(A)の2C-2C線に沿って破断された断面図である。

【図3】図1に示される特性調整機構の平面図であり、光偏向ミラー部を保持した状態が示されている。

【図4】(A)は図1に示される特性調整機構の平面図、(B)は(A)の特性調整機構の側面図、(C)は(A)の4C-4C線に沿って破断された断面を側面から(A)に記した矢印方向に見た図、(D)は変形例の特性調整機構の側面図、(E)は4C-4C線に沿った断面に相当する(D)の変形例の特性調整機構の断面を側面から矢印方向に見た図である。

【図5】図1に示される光偏向ミラー部を製造するための一連の工程中の最初の数工程を示しており、各工程の断面は図2(A)の2B-2B線に沿って破断された断面に対応している。

【図6】図1に示される光偏向ミラー部を製造するための一連の工程中の図5の工程に続く数工程を示しており、各工程の断面は図2(A)の2B-2B線に沿って破断された断面に対応している。

【図7】本発明の光偏向器の実施の形態の第一変形例における特性調整機構の平面図である。

【図8】本発明の光偏向器の実施の形態の第二変形例における特性調整機構の平面図である。

【図9】本発明の光偏向器の実施の形態の第三変形例における特性調整機構の平面図である。

【図10】(A)は本発明の光偏向器の実施の形態の第四変形例の平面図、(B)は(A)の光偏向器の側面を側面から矢印方向に見た図、(C)は(A)の10C-10C線に沿って破断された断面図、(D)は図1の光偏向器にお

る永久磁石のレイアウトを示す図であり、これは(C)の断面を側面から矢印方向に見た図に相当している。

【図11】本発明の光偏向器の実施の形態の第五変形例の平面図である。

【図12】(A)は本発明の光偏向器の実施の形態の第六変形例における特性調整機構の平面図、(B)は(A)の特性調整機構の側面図である。

【図13】本発明の光偏向器の実施の形態の第七変形例における光偏向ミラー部と特性調整機構の平面図である。

【図14】(A)は本発明の光偏向器の実施の形態の第八変形例における光偏向ミラー部と特性調整機構を含む構造体の平面図、(B)は(A)の14B-14B線に沿って破断された断面を側面から矢印方向に見た図、(C)は(A)の14C-14C線に沿って破断された断面を側面から矢印方向に見た図である。

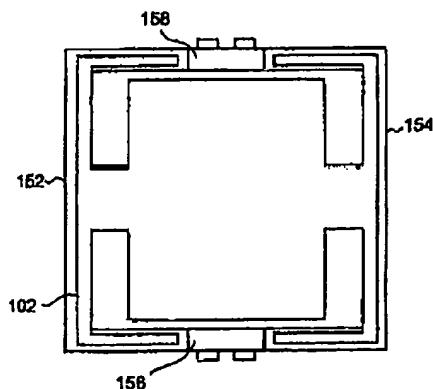
【図15】本発明の光偏向器の実施の形態の第九変形例における光偏向ミラー部と特性調整機構を含む構造体の平面図である。

【図16】図15に示される構造体のXVI-XVI線に沿って破断された断面を側面から矢印方向に見た図である。

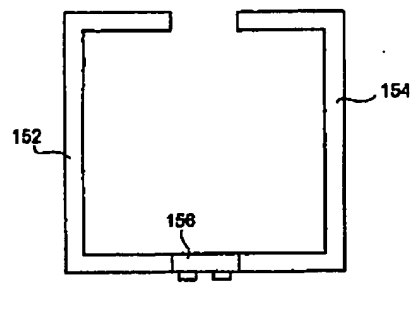
【符号の説明】

- 100 光偏向器
- 102 光偏向ミラー部
- 104a, 104b 永久磁石
- 106 振動ユニット部
- 108 特性調整機構108
- 112 可動板
- 114a, 114b 弾性部材
- 114a, 114b 支持体
- 122 駆動コイル
- 142 ミラー
- 152, 154 固定用部材
- 156, 158 圧電素子

【図3】

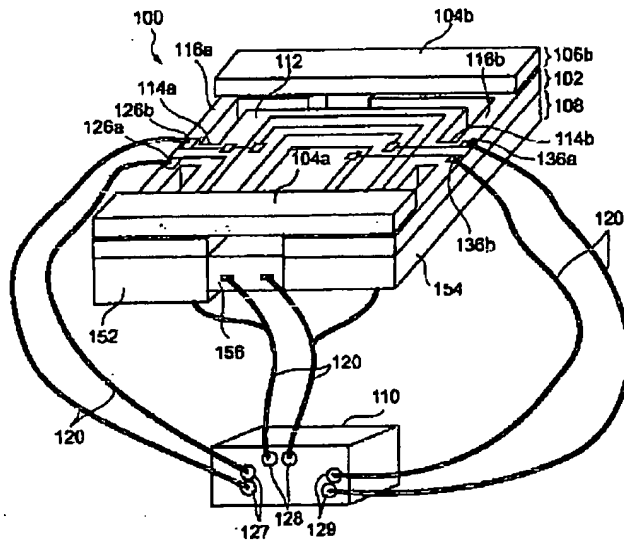


【図7】

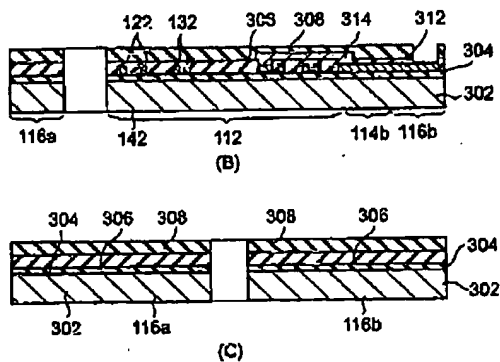
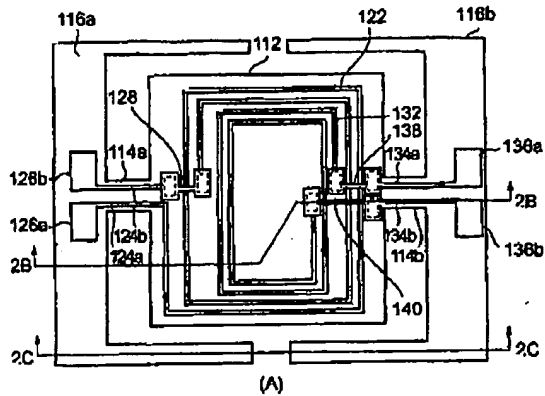


(註1) 01-305472 (P2001-305472A)

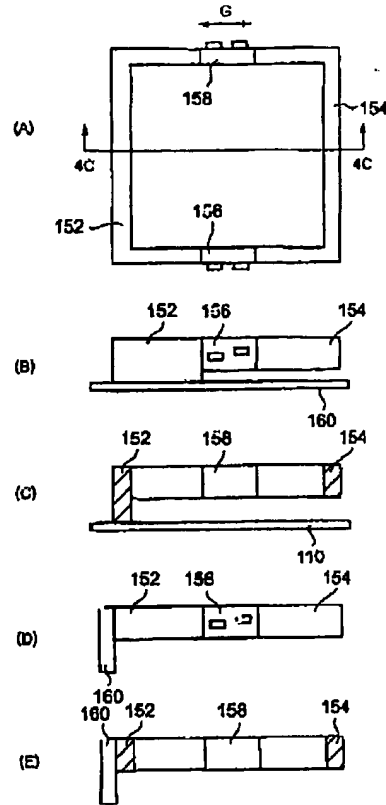
【圖1】



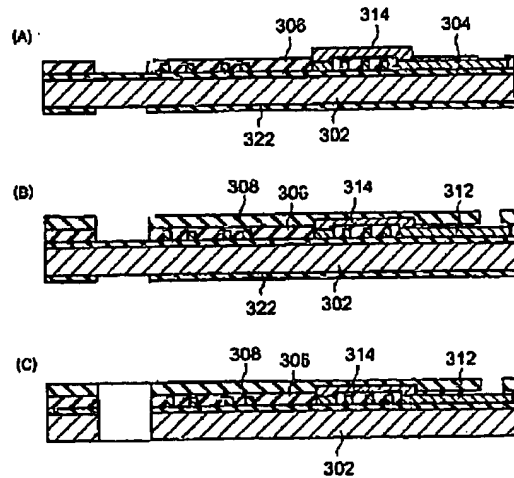
【圖2】



【圖4】

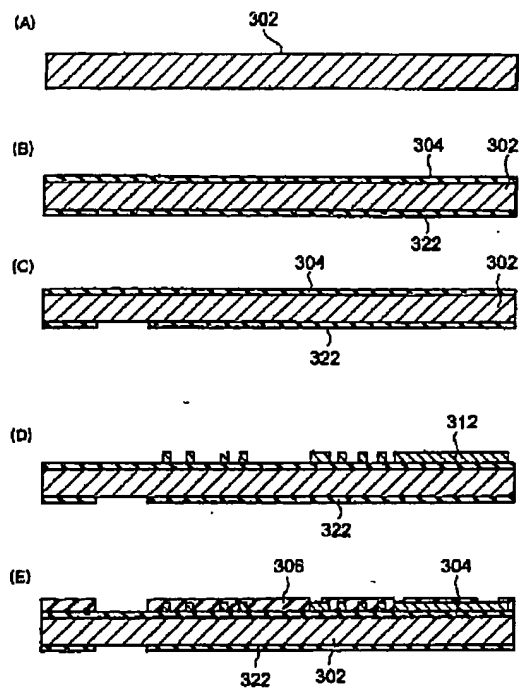


【圖6】

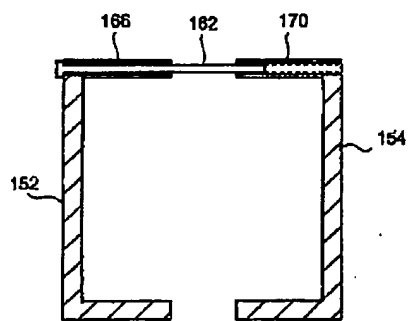


(图2) 01-305472 (P2001-305472A)

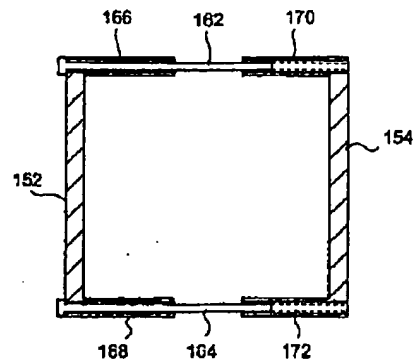
【图5】



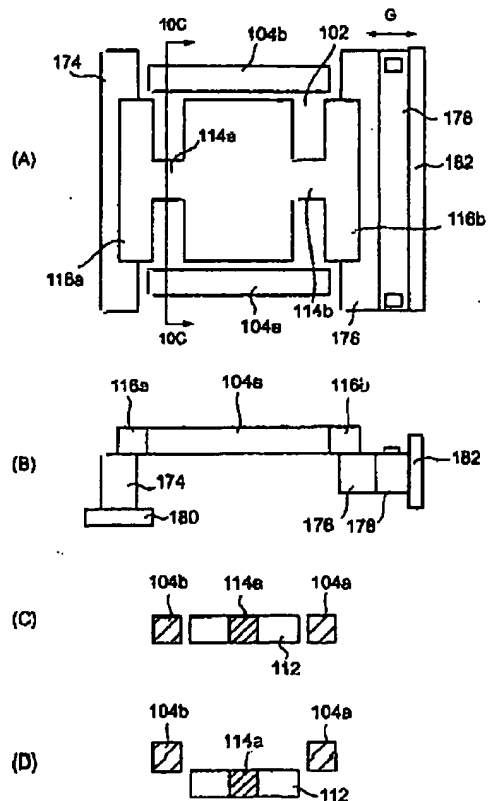
【图9】



【图8】

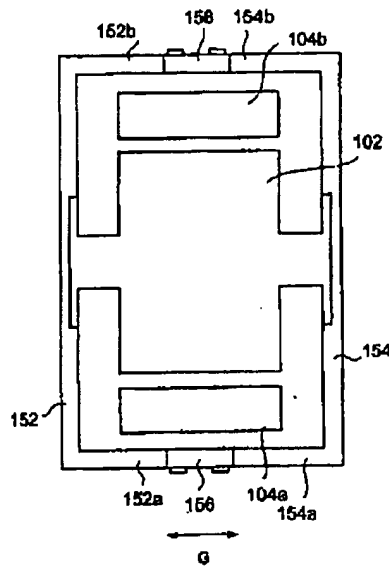


【图10】

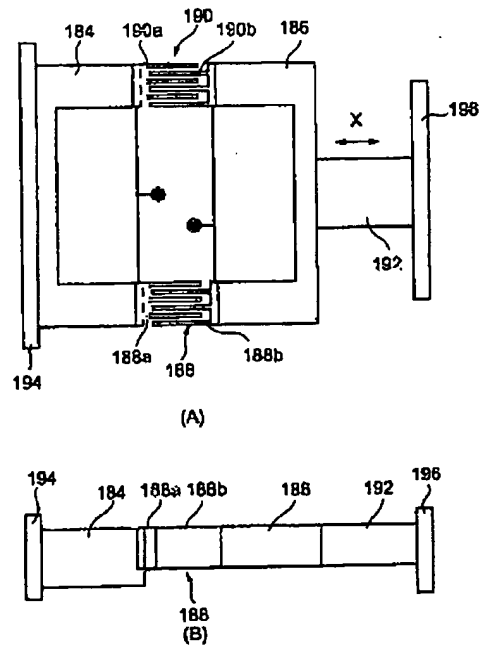


(註3) 101-305472 (P2001-305472A)

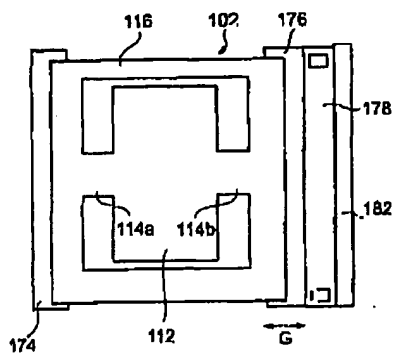
【圖11】



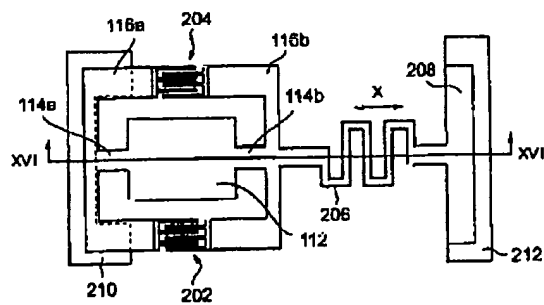
【圖12】



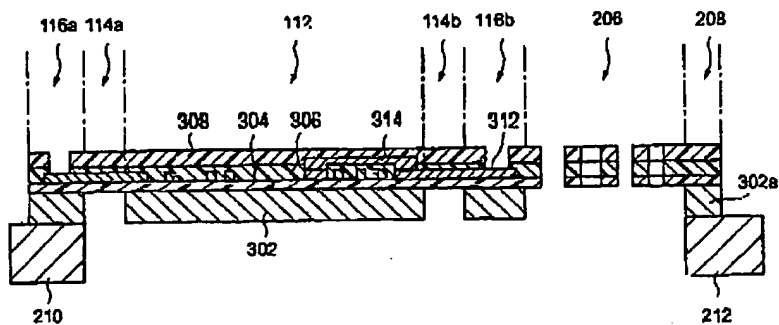
【圖13】



【圖15】



【圖16】



(제 4) 01-305472 (P2001-305472A)

【圖 14】

